

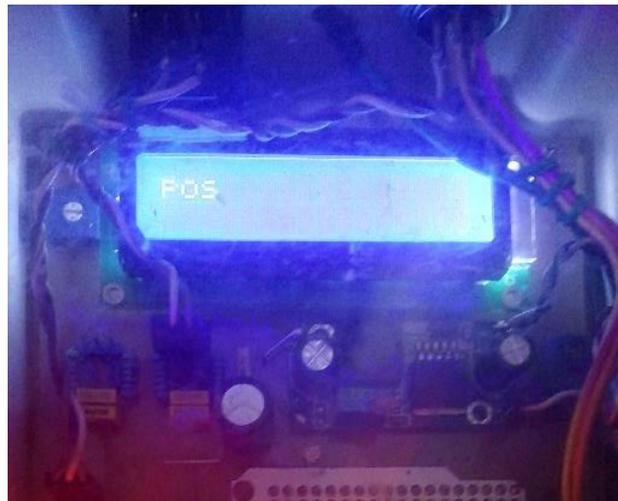
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tahapan selanjutnya dari perancangan dan pembuatan alat membahas tentang hasil penelitian dan Analisis. Hasil penelitian dan Analisis bertujuan untuk mengetahui sistem umpan balik kendali *close loop* antena dua axis yang telah dibuat bekerja dengan baik atau tidak. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian, adalah dengan melakukan metode pengukuran, perhitungan, dan pengamatan.

4.1 Pengujian LCD

Pengujian LCD ukuran 16x2 dilakukan sesuai perilaku pengujian pada bab 3. Pengujian dilakukan dengan mengeksekusi program pada arduino IDE. Perhatikan gambar hasil pengujian dibawah ini.



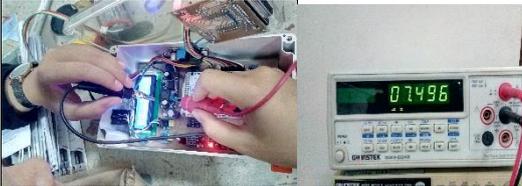
Gambar 4. 1 Pengujian LCD

Gambar 4.1 merupakan hasil pengujian dari LCD. Pengujian dilakukan dengan memasukkan program dengan karakter “pos” ke dalam mikrokontroler. Setelah data dimasukkan, karakter “pos” muncul pada LCD dengan posisi 0,0. Munculnya karakter pada LCD menandakan LCD bekerja dengan baik sesuai dengan program

4.2 Pengujian Regulator *Step Down*

Pengukuran pada regulator dilakukan dengan menggunakan multimeter. Sebelum pengukuran dilakukan, baterai dua sel dengan tegangan 7.4 V dipasang sebagai sumber tegangan pada alat. Pengukuran dilakukan pada sisi *input* dan *output* dari regulator.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Regulator

Pengujian Tegangan Input pada Switching Regulator 7,4V	Pengujian Tegangan Output Switching Regulator 5V
	
V= 7.5 V	V=5 V

Tabel 4.1 merupakan hasil pengukuran pada regulator. Pengukuran pada sisi masukan regulator adalah 7.5V sedangkan pengukuran pada posisi keluaran adalah 5V. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan dapat diturunkan sesuai dengan kebutuhan mikrokontroler. Hal ini menandakan bahwa regulator dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan.

4.3 Pengujian DC-DC Converter *Step Up*

Pengujian *DC-DC converter step up* dilakukan pada rail 7,4 V dan 12V. Pengujian bertujuan agar tegangan yang diberikan pada sensor sesuai dengan kebutuhan sensor. Tegangan kebutuhan sensor *rotary encoder* adalah 12-24V. Perhatikan tabel pengujian dibawah ini

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian DC-DC converter step up

Pengujian Tegangan Input Switching Regulator 7,4V		Pengujian Tegangan Output Switching Regulator 12V	
			
V= 7.5 V		V=12.2V	

Tabel 4.2 merupakan hasil pengukuran pada *DC-DC converter* . Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter. Sumber tegangan yang digunakan pada alat adalah baterai dua sel dengan tegangan 7.4.

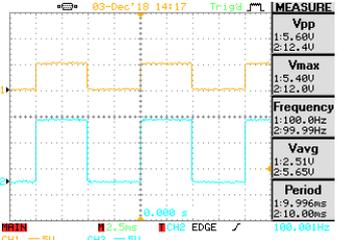
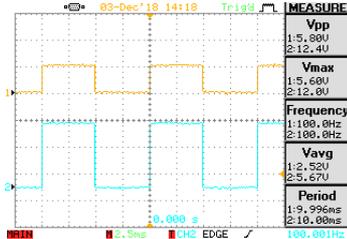
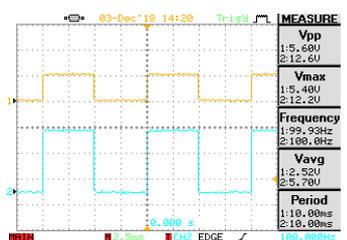
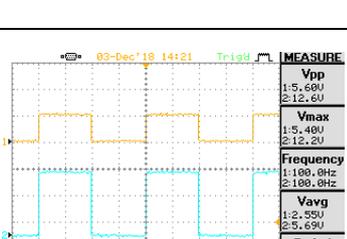
Pengujian pada alat dilakukan dengan melakukan pengukuran pada sisi *input* dan *output* pada komponen. Pengukuran pada sisi masukan regulator adalah 7.5V sedangkan pengukuran pada posisi keluaran adalah 12V. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan dapat di *step up* sesuai dengan kebutuhan sensor *rotary encoder*. Hal ini menunjukkan bahwa *DC-DC converter step up* dapat bekerja dengan baik.

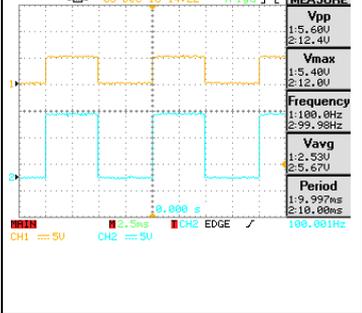
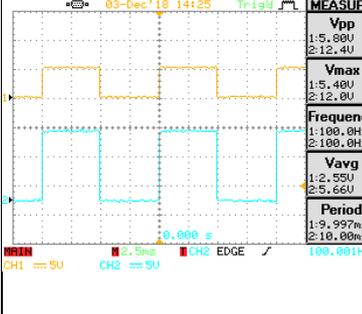
4.4 Pengujian Rangkaian Level Shifter

Pengujian rangkaian *level shifter* dilakukan sebanyak 10 kali. Jumlah pengujian disesuaikan dengan pin yang dibutuhkan oleh keluaran sensor. Jalur tegangan pengujian terdapat pada tegangan 12V dan 5V. Pengujian dilakukan sesuai dengan perilaku pengujian pada bab 3. Perhatikan tabel hasil pengujian 4.3 dibawah ini.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Rangkaian Level Shifter

No	Hasil Pengujian Gelombang Kotak	PIN		Tegangan Input 12V (V)	Tegangan Output 5V (V)
		Input rail 12V	Output rail 5V		
1		13	1	12.4	5.60
2		12	2	12.6	5.60
3		11	3	12.2	5.88
4		10	4	12.6	5.60

No	Hasil Pengujian Gelombang Kotak	PIN		Tegangan Input 12V (V)	Tegangan Output 5V (V)
		Input rail 12V	Output rail 5V		
5	 <p>MEASURE</p> <ul style="list-style-type: none"> Vpp: 1:5.60U, 2:12.4U Vmax: 1:5.48U, 2:12.0U Frequency: 1:100.0Hz, 2:99.99Hz Vavg: 1:2.51U, 2:5.65U Period: 1:9.996ms, 2:10.00ms <p>CH1 == 5V, CH2 == 5V, CH2 EDGE</p>	9	5	12.4	5.60
6	 <p>MEASURE</p> <ul style="list-style-type: none"> Vpp: 1:5.60U, 2:12.4U Vmax: 1:5.60U, 2:12.0U Frequency: 1:100.0Hz, 2:100.0Hz Vavg: 1:2.52U, 2:5.67U Period: 1:9.996ms, 2:10.00ms <p>CH1 == 5V, CH2 == 5V, CH2 EDGE</p>	8	6	12.4	5.88
7	 <p>MEASURE</p> <ul style="list-style-type: none"> Vpp: 1:5.60U, 2:12.6U Vmax: 1:5.48U, 2:12.2U Frequency: 1:99.93Hz, 2:100.0Hz Vavg: 1:2.52U, 2:5.70U Period: 1:10.00ms, 2:10.00ms <p>CH1 == 5V, CH2 == 5V, CH2 EDGE</p>	7	7	12.2	5.40
8	 <p>MEASURE</p> <ul style="list-style-type: none"> Vpp: 1:5.60U, 2:12.6U Vmax: 1:5.48U, 2:12.2U Frequency: 1:100.0Hz, 2:100.0Hz Vavg: 1:2.55U, 2:5.69U Period: 1:10.00ms, 2:10.00ms <p>CH1 == 5V, CH2 == 5V, CH2 EDGE</p>	6	8	12.60	5.60

No	Hasil Pengujian Gelombang Kotak	PIN		Tegangan Input 12V (V)	Tegangan Output 5V (V)
		Input rail 12V	Output rail 5V		
9		5	9	12.40	5.60
10		4	10	12.4	5.8

Pengujian pada rangkaian *level shifter* dilakukan dengan melakukan pengecekan pada setiap pin *input/output* pada rangkaian menggunakan osiloskop. Nilai frekuensi masukan pada rangkaian adalah 1 KHz sedangkan tegangan *input* pada rangkaian adalah sebesar 12V. Diharapkan dengan menggunakan rangkaian ini tegangan pada *output* dapat menjadi 5V tanpa merubah informasi gelombang.

Pada hasil pengujian diatas dari kesepuluh pin *input/output* dapat menghasilkan keluaran berupa gelombang. Keluaran gelombang masukan pada tabel hasil pengujian 10, ditandai dengan warna biru dan gelombang keluaran ditandai dengan warna jingga. Keluarnya gelombang pada sisi *output* rangkaian menandakan bahwa tegangan awal pada rangkaian dapat ditranslasikan dengan baik. Nilai tegangan *input* pada kesepuluh gelombang masih berada pada kisaran 12V dan nilai keluaran pada kesepuluh gelombang berada pada kisaran 5V. Salah satu contoh adalah gelombang pada pin 4 dan 10. Gelombang pada pin input terukur

sebesar 12.4V dan pin output 5.8V. Nilai V_{max} juga masih berada pada kisaran 12V dan 5V.

Hasil pengujian menunjukkan tidak ada rangkaian yang menunjukkan *drop* tegangan atau *short circuit*. Gelombang keluaran yang dihasilkan tidak mengalami perubahan bentuk. Perubahan yang terjadi hanya terdapat pada tinggi amplitudo yang mengecil. Hal ini menandakan bahwa rangkaian yang dibuat menggunakan IC CD 4050 dapat mentranslasikan tegangan dari pin *input* ke pin *output* dengan baik tanpa merubah informasi gelombang.

4.5 Pengujian Sensor Elevasi EP50S8-1024-2F-N-24

4.5.1 Pengujian Sensor EP50S8-1024-2F-N-24

Pengujian pada sensor EP50S8-1024-2F-N-24 dilakukan dengan 10 data keluaran sensor secara bersamaan. Pengujian dilakukan menggunakan pin A0-B1 pada *logic analyzer*. Masukan yang digunakan untuk pengujian adalah sinyal gelombang kotak 1KHz dan tegangan *input* sebesar 3.3V.

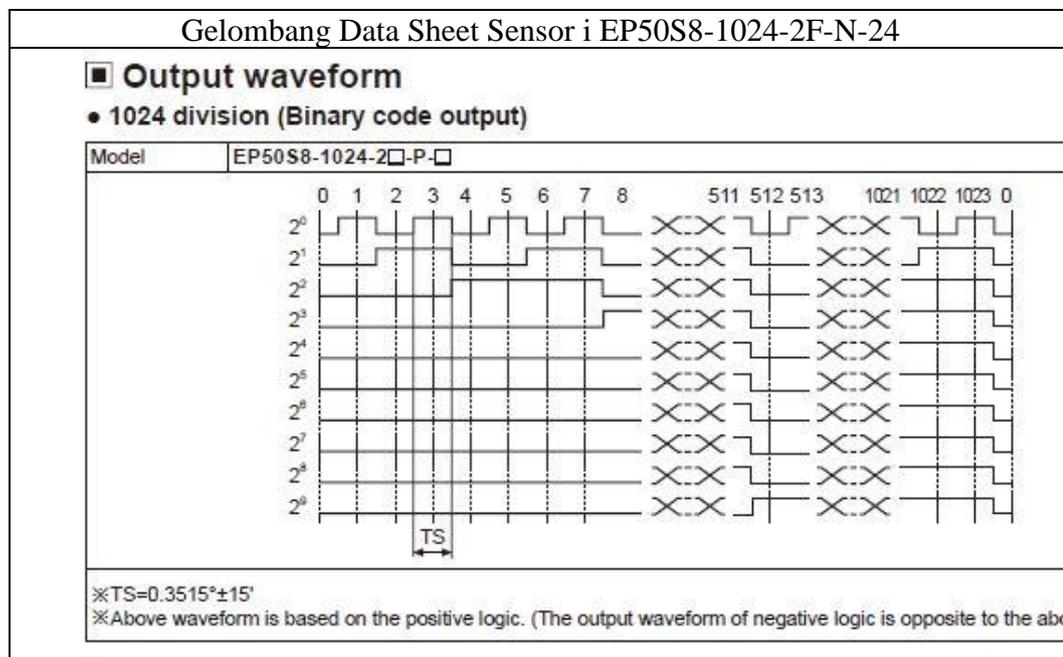
Pada tabel 4.4 kedua merupakan hasil pengujian sensor pada *logic analyzer*. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengecekan pada semua *output* data biner. ketika sensor diputar, *software GWA instek* menampilkan kesembilan gelombang yang muncul. Kesembilan gelombang yang terlihat pada *software* menandakan bahwa terdapat satu kerusakan pada *output* data. Kerusakan pada *output* data terletak pada biner LSB dengan nilai 2^0 .

Tabel 4.4 pertama adalah nilai gelombang keluaran pada *data sheet*. Berdasarkan hasil pengujian dan *data sheet* yang dibandingkan, gelombang yang keluar pada *software* memiliki gelombang yang sama dengan *data sheet*. Ketika gelombang data 2^2 maka posisi gelombang akan berada pada posisi 1 dengan nilai 4. Munculnya kesembilan gelombang data mendakan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik pada 9 data *output*. Kerusakan pada *output* biner LSB 2^0 menyebabkan pergeseran pada *output* biner. Perhatikan ilustrasi dibawah ini

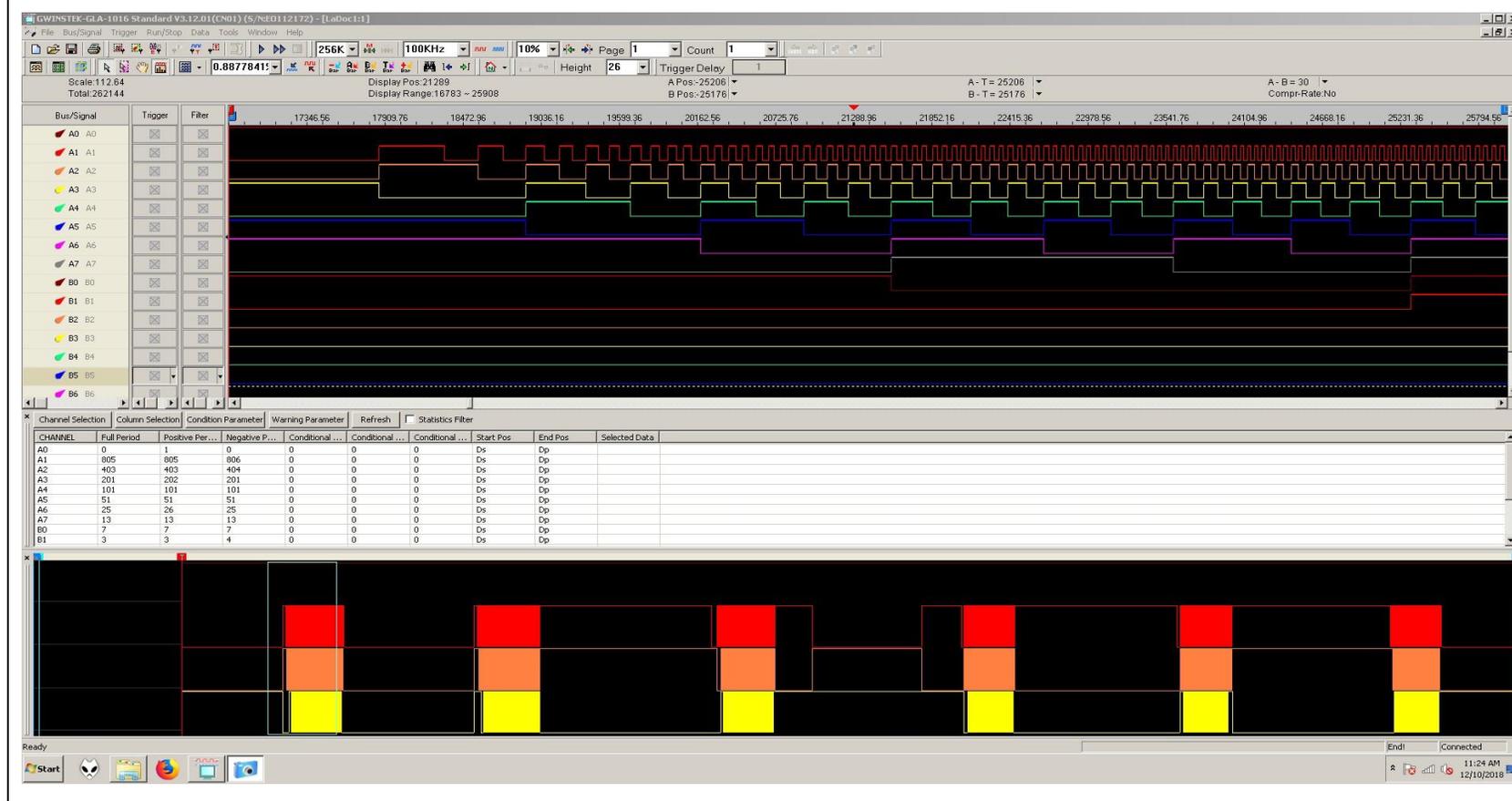


Kerusakan LSB pada pin 2^0 menyebabkan *output* 2^1 digeser pada posisi LSB 2^0 . Pergeseran *output* biner menyebabkan ketelitian pada sensor menurun. Keluaran *output* sensor yang seharusnya bernilai 1024 menurun menjadi 512. Penelitian ini menggunakan data keluaran sebanyak 8 bit data.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Gelombang Pada Sensor & Gelombang Pada Data Sheet



Hasil Pengujian *Logic Analyzer* pada Sensor Elevasi EP50S8-1024-2F-N-24



4.5.2 Pengujian Sudut Sensor Elevasi sensor EP50S8-1024-2F-N-24

Pengujian sudut elevasi dilakukan sesuai perilaku pengujian pada bab sebelumnya. Tabel pengukuran 4.5 memiliki enam kolom pengujian. Kolom pertama yang digunakan adalah “BINER”. Biner merupakan hasil keluaran dari sensor sebanyak 8 bit. Kolom kedua yaitu “POS”. Pos merupakan hasil konversi biner menjadi bilangan bulat. Hasil konversi dilakukan pada program. Hasil pengukuran nilai elevasi ditampilkan pada kolom “ELEVASI”. Kolom elevasi dibandingkan dengan kolom “BUSUR” dengan nilai kelipatan 5°. Selisih pengukuran elevasi dan busur akan ditampilkan pada kolom “SELISIH”. Kolom persentase digunakan untuk meletakkan persentase dari data “SELISIH”.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sensor Elevasi

NO	BINER	POS	ELEVASI	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
			(°)	(°)	(Elevasi-Busur) (°)	Selisih/360*100%
1	0010 0000	4	5	5	0	0.0%
2	1110 0000	7	9	10	1	0.3%
3	1101 0000	11	15	15	0	0.0%
4	0111 0000	14	19	20	1	0.3%
5	0100 1000	18	25	25	0	0.0%
6	1010 1000	21	29	30	1	0.3%
7	1001 1000	25	35	35	0	0.0%
8	0011 1000	28	39	40	1	0.3%
9	0000 0100	32	44	45	1	0.3%
10	0010 0100	36	50	50	0	0.0%
11	1110 0100	39	54	55	1	0.3%
12	1101 0100	43	60	60	0	0.0%
13	1111 0100	47	65	65	0	0.0%
14	0100 1100	50	70	70	0	0.0%
15	0110 1100	53	75	75	0	0.0%
16	1001 1100	57	79	80	1	0.3%
17	1011 1100	61	85	85	0	0.0%
18	0000 0010	64	89	90	1	0.3%
19	0010 0010	68	95	95	0	0.0%
20	1110 0010	71	99	100	1	0.3%
21	1101 0010	75	105	105	0	0.0%
22	0111 0010	79	109	110	1	0.3%

NO	BINER	POS	ELEVASI	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
			(°)	(°)	(Elevasi-Busur) (°)	Selisih/360*100%
23	0100 1010	82	114	115	1	0.3%
24	0110 1010	86	120	120	0	0.0%
25	1001 1010	89	124	125	1	0.3%
26	1011 1010	93	130	130	0	0.0%
27	0000 0110	96	134	135	1	0.3%
28	0010 0110	100	140	140	0	0.0%
29	1110 0110	103	144	145	1	0.3%
30	1101 0110	107	149	150	1	0.3%
31	1111 0110	111	155	155	0	0.0%
32	0100 1110	114	159	160	1	0.3%
33	0110 1110	118	165	165	0	0.0%
34	1001 1110	121	169	170	1	0.3%
35	1011 1110	125	175	175	0	0.0%
36	0000 0001	128	179	180	1	0.3%
37	0010 0001	132	184	185	1	0.3%
38	0001 0001	136	190	190	0	0.0%
39	1101 0001	139	194	195	1	0.3%
43	1001 1001	153	214	215	1	0.0%
44	1011 1001	157	219	220	1	0.3%
45	0000 0101	160	224	225	1	0.0%
46	1100 0101	163	228	230	2	0.3%
47	1110 0101	167	233	235	2	0.3%
48	1101 0101	171	239	240	1	0.3%
49	0111 0101	174	243	245	2	0.6%
50	0100 1101	178	249	250	1	0.6%
51	0110 1101	182	254	255	1	0.3%
52	1001 1101	185	259	260	1	0.6%
53	1011 1101	189	264	265	1	0.3%
54	0000 0011	192	268	270	2	0.3%
55	0010 0011	196	274	275	1	0.3%
56	1110 0011	199	278	280	2	0.3%
57	1101 0011	203	284	285	1	0.6%
58	0111 0011	206	288	290	2	0.3%
59	0100 1011	210	294	295	1	0.6%
60	0110 1011	214	299	300	1	0.3%
61	1001 1011	217	303	305	2	0.6%

NO	BINER	POS	ELEVASI	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
			(°)	(°)	(Elevasi-Busur) (°)	Selisih/360*100%
62	1011 1011	221	309	310	1	0.3%
63	1000 0111	225	315	315	0	0.3%
64	0010 0111	228	319	320	1	0.6%
65	1110 0111	231	323	325	2	0.3%
66	1101 0111	235	329	330	1	0.0%
67	1111 0111	239	334	335	1	0.3%
68	0100 1111	242	338	340	2	0.6%
69	0110 1111	246	344	345	1	0.3%
70	1001 1111	249	348	350	2	0.3%
71	1011 1111	253	354	355	1	0.6%
72	0000 0000	0	0	0	0	0.3%
	<i>Average</i>					0.2%

Tabel pengukuran 4.5 adalah hasil tabel pengukuran pada sudut elevasi. Tabel pengukuran memiliki kolom keluaran biner, sudut terukur, busur, nilai selisih terukur dan persentase *error* yang dihasilkan pada selisih pengukuran nilai busur. Data pengukuran diatas diukur dengan kelipatan 5 derajat.

Pada kolom pertama terdapat hasil biner yang didapatkan dari keluaran sensor ketika berpindah. Nilai tersebut akan diterjemahkan pada nilai *integer*. Penerjemahan biner dilakukan dengan menggunakan rumus $dec_pos = hasil_dec_pos_sebelumnya | (pin_state[i] \ll i)$. Rumus ini menggunakan sistem pergeseran dan penjumlahan *OR*. Penggunaan rumus ini dipilih karena proses komputasi yang lebih ringan untuk arduino. Adapun *sampling* perhitungan adalah

Nilai biner adalah 0010 0000 = 4 LSB => MSB

I=0 $dec_pos = hasil_dec_pos_sebelumnya | (pin_state[i] \ll i)$
(1)

$$0 = 0 | 0 \ll 0$$

$$= 00000$$

I=1 $dec_pos = hasil_dec_pos_sebelumnya | (pin_state[i] \ll i)$

$$\begin{aligned}
 0 &= 0000 \mid 0000 \ll 1 \\
 &= 00000 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

I=2 dec_pos= hasil dec_pos sebelumnya \mid (pin_state[i] \ll i)

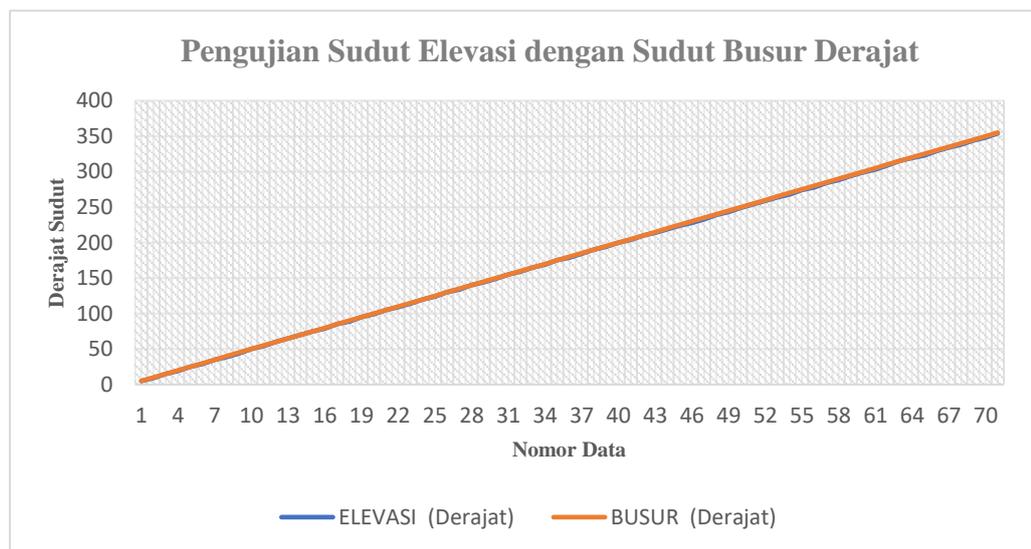
$$\begin{aligned}
 0 &= 0000 \mid 0001 \ll 2 \\
 &= 0100 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, rumus yang digunakan dapat menerjemahkan nilai biner dengan baik. Nilai yang dihasilkan pada tabel memiliki nilai yang sama dengan nilai perhitungan. Selanjutnya, nilai yang berhasil diubah dalam bilangan bulat akan diubah menjadi derajat. Untuk mengubah bilangan tersebut digunakan rumus $EI = dec_pos * z$. Z adalah nilai resolusi dari sensor *rotary encoder* EP50S8-1024-2F-N-24. Perhatikan perhitungan dibawah ini

$$\begin{aligned}
 EI &= \\
 dec_pos * z & \dots \dots \dots (2) \\
 &= 4 * 1.41 \\
 &= 5.64^\circ
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan sudut rumus (2) diatas diketahui bahwa hasil perhitungan sudut dalam derajat adalah 5.64. Hasil pengukuran pada busur adalah 5. Nilai perhitungan manual dan pengukuran memiliki selisih 0.64 derajat. Perbedaan nilai tersebut merupakan keadaan pada saat nilai berupa desimal. Sedangkan nilai yang ditampilkan pada LCD merupakan nilai *integer* sehingga terjadinya sistem pembulatan pada hasil. Ketika nilai yang ditampilkan pada busur dan pengukuran sama, maka nilai persentase *error* sama dengan 0. Perhitungan nilai persentase *error* didapatkan dari nilai *selisih pengukuran* $\div 360 * 100\%$.

Berdasarkan gambar 4.2 didapatkan kurva hasil pengukuran elevasi dan busur. Kurva berwarna biru menunjukkan perhitungan sudut elevasi dan jingga menunjukkan sudut busur. Kurva menunjukkan bahwa nilai perhitungan busur mendekati linear dengan pengukuran elevasi. Dari 72 data terukur, terdapat 10 data pengukuran yang mengalami *error* dengan persentase 0.6%. Berdasarkan data sudut elevasi diatas, nilai yang dihasilkan sensor cukup baik.



Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Sudut Elevasi

4.6 Pengujian Sensor Sudut Azimuth

4.6.1 Pengujian arah utara sensor HMC 5833L

Pengujian arah sensor kompas bertujuan untuk mengetahui arah utara yang digunakan oleh sensor HMC5883L. Berdasarkan data *sheet* HMC5883L, arah utara yang digunakan pada sensor kompas adalah arah utara yang menghadap ke *magnetic north*.

Pada gambar 4.3 adalah hasil pengujian arah utara pada sensor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan utara pada sensor dan kompas digital. Hasil pada pengujian menunjukkan arah utara sensor dan kompas digital menghadap pada arah yang berbeda. Sensor menunjukkan kearah *magnetic north* sedangkan kompas digital menunjukkan kearah *true north*. Hal ini diketahui karena terdapat sudut deklinasi didalam kompas digital. Sudut deklinasi merupakan

sudut yang dibentuk oleh *true north* dan *magnetic north* sehingga dapat diketahui bahwa arah *magnetic north* telah diubah menjadi arah *true north*. Secara umum, prinsip kerja kompas adalah menghadap ke *magnetic north*. Berdasarkan hasil pengujian diatas maka arah utara yang digunakan pada sensor kompas adalah arah utara yang menghadap ke *magnetic north*.



Gambar 4. 3 Perilaku Pengujian Kompas

Pada gambar 4.3 adalah hasil pengujian arah utara pada sensor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan utara pada sensor dan kompas digital. Hasil pada pengujian menunjukkan arah utara sensor dan kompas digital menghadap pada arah yang berbeda. Sensor menunjukkan kearah *magnetic north* sedangkan kompas digital menunjukkan kearah *true north*. Hal ini diketahui karena terdapat sudut deklinasi didalam kompas digital. Sudut deklinasi merupakan sudut yang dibentuk oleh *true north* dan *magnetic north* sehingga dapat diketahui bahwa arah *magnetic north* telah diubah menjadi arah *true north*. Secara umum, prinsip kerja kompas adalah menghadap ke *magnetic north*. Berdasarkan hasil pengujian diatas maka arah utara yang digunakan pada sensor kompas adalah arah utara yang menghadap ke *magnetic north*.

4.6.2 Pengujian Data Sensor HMC5883L Sebelum dikalibrasi

Pengujian tabel data sensor azimuth memiliki empat kolom. Kolom pertama merupakan “DATA TERUKUR”. Data terukur merupakan hasil pengukuran sensor azimuth. Data terukur akan dibandingkan dengan nilai pada

busur derajat pada kolom “Busur”. Perbandingan nilai busur dan terukur akan menghasilkan nilai selisih pada kolom “Selisih”. Persentase nilai selisih akan dimasukkan kedalam kolom persentase.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Kompas Sebelum dikalibrasi

NO	DATA TERUKUR	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
	(°)	(°)	(Terukur-busur) (°)	(Selisih/360*100%)
1	5	5	0	0.00%
2	10	10	0	0.00%
3	15	15	0	0.00%
4	20	20	0	0.00%
5	25	25	0	0.00%
6	30	30	0	0.00%
7	35	35	0	0.00%
8	45	40	5	1.39%
9	45	45	0	0.00%
10	51	50	1	0.28%
11	57	55	2	0.56%
12	64	60	4	1.11%
13	70	65	5	1.39%
14	76	70	6	1.67%
15	85	75	10	2.78%
16	90	80	10	2.78%
17	99	85	14	3.89%
18	106	90	16	4.44%
19	114	95	19	5.28%
20	121	100	21	5.83%
21	129	105	24	6.67%
22	135	110	25	6.94%
23	144	115	29	8.06%
24	150	120	30	8.33%
25	158	125	33	9.17%
26	164	130	34	9.44%
27	170	135	35	9.72%
28	176	140	36	10.00%
29	183	145	38	10.56%
30	188	150	38	10.56%
31	194	155	39	10.83%

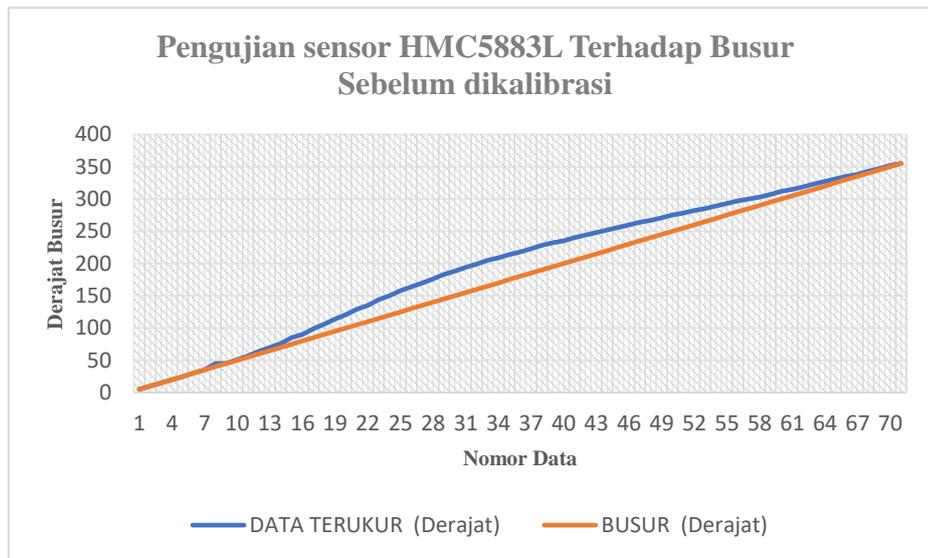
NO	DATA TERUKUR	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
	(°)	(°)	(Terukur-busur) (°)	(Selisih/360*100%)
32	199	160	39	10.83%
33	205	165	40	11.11%
34	209	170	39	10.83%
35	214	175	39	10.83%
36	218	180	38	10.56%
37	223	185	38	10.56%
38	228	190	38	10.56%
39	232	195	37	10.28%
40	235	200	35	9.72%
41	240	205	35	9.72%
42	244	210	34	9.44%
43	248	215	33	9.17%
44	252	220	32	8.89%
45	256	225	31	8.61%
46	260	230	30	8.33%
47	264	235	29	8.06%
48	267	240	27	7.50%
49	271	245	26	7.22%
50	275	250	25	6.94%
51	278	255	23	6.39%
52	282	260	22	6.11%
53	285	265	20	5.56%
54	289	270	19	5.28%
55	293	275	18	5.00%
56	297	280	17	4.72%
57	300	285	15	4.17%
58	303	290	13	3.61%
59	307	295	12	3.33%
60	312	300	12	3.33%
61	315	305	10	2.78%
62	319	310	9	2.50%
63	323	315	8	2.22%
64	327	320	7	1.94%
65	331	325	6	1.67%
66	335	330	5	1.39%
67	338	335	3	0.83%

NO	DATA TERUKUR	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
	(°)	(°)	(Terukur-busur) (°)	(Selisih/360*100%)
68	343	340	3	0.83%
69	347	345	2	0.56%
70	352	350	2	0.56%
71	355	355	0	0.00%
72	0	0	0	0.00%
<i>Average</i>				5.19%

Tabel pengukuran 4.6 adalah hasil pengukuran pada sudut azimuth. Pada tabel terdapat pengukuran sensor, nilai busur, nilai selisih terukur dan persentase *error* yang dihasilkan pada pengukuran nilai busur. Data pengukuran di atas diukur dengan kelipatan 5°.

Berdasarkan data 4.6, nilai pada pengukuran memiliki nilai selisih yang cukup besar terhadap busur. pada sudut 165 derajat, nilai terukur pada sensor adalah 205. Nilai selisih/*error* pada sudut adalah 40 derajat. Persentase nilai *error* pada sudut 165 derajat adalah 11 %. Nilai *error* terbesar di dapatkan pada sudut 145 hingga 190 derajat. Sedangkan nilai persentase *error* terkecil terdapat pada sudut 0 hingga 35 derajat. Nilai pengukuran pada sensor kompas dikatakan tidak baik untuk diterapkan hal ini karena nilai pengukuran telah melebihi toleransi *error* yaitu 5%.

Nilai pengukuran kompas yang tidak baik disebabkan oleh tidak adanya kalibrasi pada kompas sehingga kompas tidak memiliki nilai *offset* yang konstan. Selain itu pengukuran nilai kompas sangat terpengaruh dengan benda-benda logam disekitarnya sehingga nilai menjadi *error* dan tidak stabil. Oleh karena itu, dibutuhkan kalibrasi untuk mendapatkan nilai *offset* dan *gain error* pada kompas.



Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Sudut Azimuth

Gambar 4.4 diatas menunjukkan perbandingan sudut pengukuran dan sudut busur. Grafik data pengukuran dilambangkan dengan warna biru dan data busur dilambangkan dengan warna jingga. Berdasarkan garis grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai pengukuran sensor kompas tidak mendekati linear dengan sudut busur. Pergeseran pengukuran sudut azimuth yang cukup besar terdapat pada sudut 80° - 300° sudut busur. Walaupun demikian, nilai pada grafik tetap bertambah tanpa adanya fluktuasi. Penggunaan sensor kompas sebelum dikalibrasi dapat diterapkan dalam sistem umpan balik tetapi dengan nilai pergeseran sudut yang cukup besar.

4.6.3 Pengujian Sensor Kompas setelah dikalibrasi

Pengujian kedua sensor azimuth HMC5883L bertujuan untuk mendapatkan nilai sudut azimuth yang lebih baik. Pengukuran dilakukan dengan cara yang sama pada tabel 4.6. Perbedaan pengukuran pengujian 4.6 dan 4.7 adalah penggunaan data kalibrasi pada program.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Sudut Azimuth Setelah dikalibrasi

NO	DATA TERUKUR	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
	(Derajat)	(Derajat)	(Terukur-busur)	(Selisih/360*100%)
1	5	5	0	0.000%
2	11	10	-1	-0.278%

NO	DATA TERUKUR	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
	(Derajat)	(Derajat)	(Terukur-busur)	(Selisih/360*100%)
3	16	15	-1	-0.278%
4	21	20	-1	-0.278%
5	27	25	-2	-0.556%
6	32	30	-2	-0.556%
7	37	35	-2	-0.556%
8	43	40	-3	-0.833%
9	47	45	-2	-0.556%
10	52	50	-2	-0.556%
11	57	55	-2	-0.556%
12	64	60	-4	-1.111%
13	67	65	-2	-0.556%
14	72	70	-2	-0.556%
15	77	75	-2	-0.556%
16	82	80	-2	-0.556%
17	87	85	-2	-0.556%
18	92	90	-2	-0.556%
19	97	95	-2	-0.556%
20	100	100	0	0.000%
21	106	105	-1	-0.278%
22	111	110	-1	-0.278%
23	116	115	-1	-0.278%
24	120	120	0	0.000%
25	125	125	0	0.000%
26	130	130	0	0.000%
27	135	135	0	0.000%
28	140	140	0	0.000%
29	145	145	0	0.000%
30	150	150	0	0.000%
31	154	155	1	0.278%
32	160	160	0	0.000%
33	165	165	0	0.000%
34	170	170	0	0.000%
35	175	175	0	0.000%
36	180	180	0	0.000%
37	185	185	0	0.000%
38	190	190	0	0.000%
39	195	195	0	0.000%

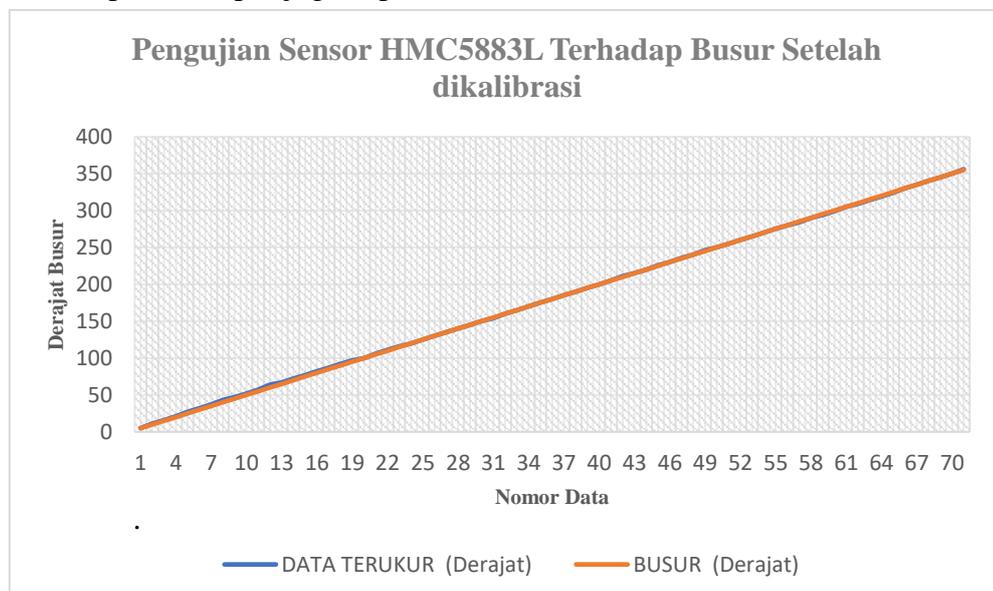
NO	DATA TERUKUR	BUSUR	SELISIH	PERSENTASE
	(Derajat)	(Derajat)	(Terukur-busur)	(Selisih/360*100%)
40	200	200	0	0.000%
41	205	205	0	0.000%
42	211	210	-1	-0.278%
43	215	215	0	0.000%
44	220	220	0	0.000%
45	226	225	-1	-0.278%
46	230	230	0	0.000%
47	236	235	-1	-0.278%
48	240	240	0	0.000%
49	246	245	-1	-0.278%
50	250	250	0	0.000%
51	255	255	0	0.000%
52	260	260	0	0.000%
53	265	265	0	0.000%
54	270	270	0	0.000%
55	275	275	0	0.000%
56	280	280	0	0.000%
57	284	285	1	0.278%
58	290	290	0	0.000%
59	294	295	1	0.278%
60	299	300	1	0.278%
61	305	305	0	0.000%
62	309	310	1	0.278%
63	314	315	1	0.278%
64	319	320	1	0.278%
65	324	325	1	0.278%
66	330	330	0	0.000%
67	335	335	0	0.000%
68	340	340	0	0.000%
69	345	345	0	0.000%
70	350	350	0	0.000%
71	356	355	-1	-0.278%
72	0	0	0	0.000%
	<i>Average</i>			-0,139%

Tabel 4.7 merupakan data pengukuran azimuth yang telah dikalibrasi. Pengukuran dilakukan dengan memasukkan nilai X,Y, Z_gain_offset dan offset X,Y, Z. Pengukuran nilai kalibrasi yang dimasukan adalah

Tabel 4. 7 Nilai Kalibrasi Kompas

Nilai <i>Offset</i>	Nilai <i>Gain Offset</i>
Offset_X=38.86	X_gain offset=1.03
Offset_Y =141.66	Y_gain offset=1.05
Offset_Z =116.84	Z_gain offset=0.98

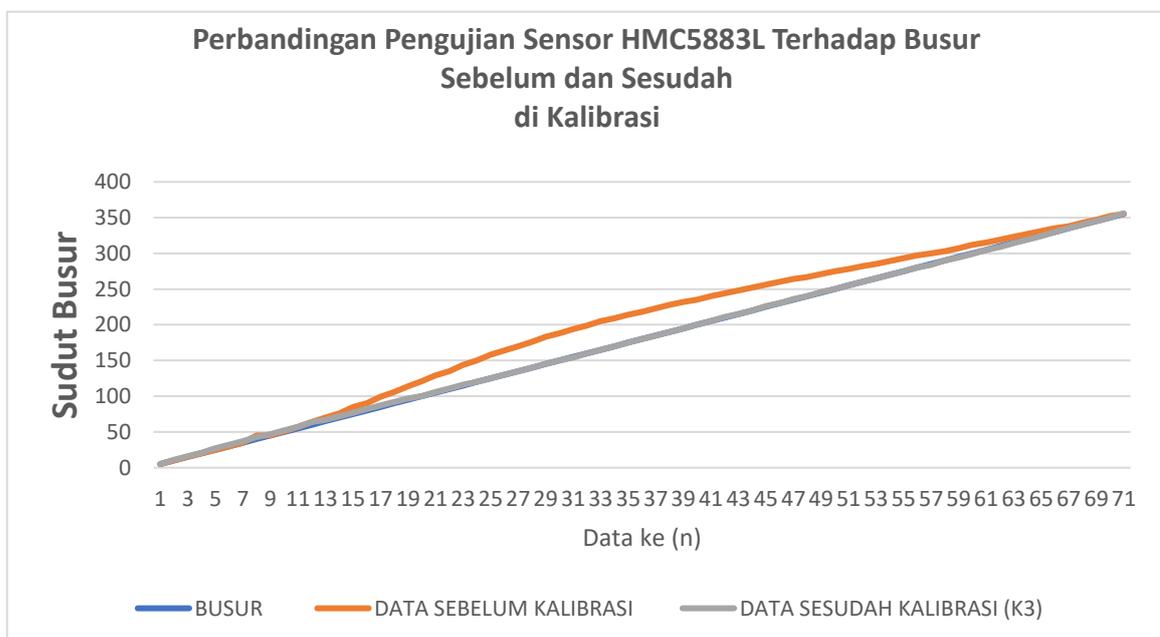
Setelah nilai kalibrasi dimasukkan kedalam program, hasil pengukuran sudut azimuth yang didapatkan lebih baik dari pada hasil pengukuran sebelumnya. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan nilai sudut busur dan pengukuran sensor. Hasil selisih pengukuran sensor terbesar hanya terdapat pada sudut 60 derajat busur. Selisih yang dihasilkan adalah 4 derajat. Selain itu data terukur lainnya memiliki selisih yang lebih kecil dengan persentase rata - rata *error* sebanyak 0.139%. Hal ini menandakan bahwa sangat penting dilakukan kalibrasi pada sensor kompas. Nilai kalibrasi tersebut akan membuat nilai *offset* pada kompas sehingga nilai kompas akan menjadi lebih konstan. *Gain* pada kompas juga dapat diatur sesuai keadaan sekitar



Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Sudut Azimuth

Pada grafik pengukuran 4.5 diatas merupakan grafik hasil pengukuran nilai azimuth setelah dikalibrasi. Nilai sensor terukur ditandai dengan warna biru dan data pada busur ditandai dengan warna jingga. Berdasarkan grafik tersebut bahwa nilai pengukuran pada sudut azimuth hampir memiliki nilai yang linear dengan sudut busur setelah dikalibrasi. Nilai yang tidak linear pada grafik disebabkan adanya nilai error $\pm 1\%$ pada data pengukuran. Nilai *error* pada pengukuran yang dikalibrasi memiliki nilai yang baik karena masih berada dalam nilai toleransi. Dapat dikatakan bahwa nilai sensor setelah kalibrasi memiliki nilai pergeseran sudut yang kecil.

Grafik 4.6 menjelaskan tentang perbandingan pengukuran data sensor azimuth. Sumbu X menyatakan nilai hasil derajat dan sumbu Y menyatakan nilai data ke (n). Pada grafik terdapat tiga buah garis data. Data sebelum dikalibrasi ditandai dengan warna jingga, setelah kalibrasi ditandai dengan warna abu-abu, dan data sensor ditandai dengan warna biru. Berdasarkan grafik dijelaskan bahwa data sensor yang paling mendekati dengan data busur adalah grafik yang ditandai dengan warna abu-abu. Oleh sebab itu dapat disimpulkan pengukuran yang baik untuk diterapkan pada sistem umpan balik adalah pengukuran yang telah dilakukan kalibrasi.



Gambar 4. 6 Perbandingan Grafik Pengujian Sudut Azimuth

4.7 Pengujian Pengiriman Data Serial Sudut Elevasi dan Azimuth

Tabel 4. 8 Pengujian Pengiriman Secara Serial

<p>Nilai yang diterima oleh kontroler</p>	
<p>Nilai yang dikirim dari box processing sensor</p>	

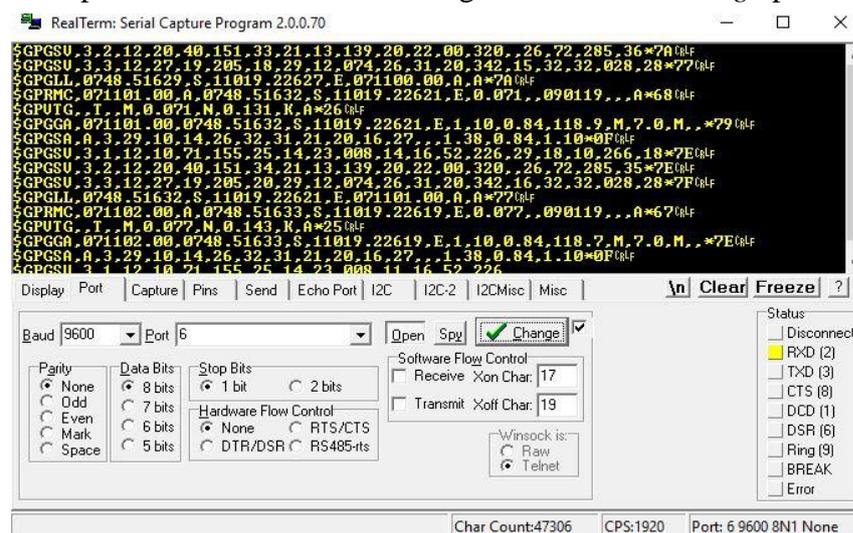
Pengujian pengiriman data serial azimuth dan elevasi berhasil dikirimkan ke kontroler menggunakan RS 485. Keberhasilan dapat dilihat pada tabel 4.9 kotak pertama. Kontroler berhasil menerima data nilai umpan balik berupa elevasi dan azimuth. Nilai azimuth yang diterima kontroler adalah 303° dan nilai elevasi adalah 2° . Gambar 4.9 kotak bawah menunjukkan data yang dikirimkan dari *box sensor processing*. Nilai pada *box sensor processing* menunjukkan sudut 2° untuk elevasi

dan 303° untuk azimuth. Hal ini menandakan keberhasilan pengiriman dan penerimaan data.

Faktor pendukung keberhasilan pengiriman data adalah penggunaan RS 485. RS485 memiliki kecepatan mencapai 1Mbps dan memiliki jangkauan kabel yang panjang hingga 1200m. Keberhasilan pengiriman ini menandakan bahwa pengiriman data serial dapat bekerja dengan baik.

4.8 Pengujian Pengiriman Data Serial GPS

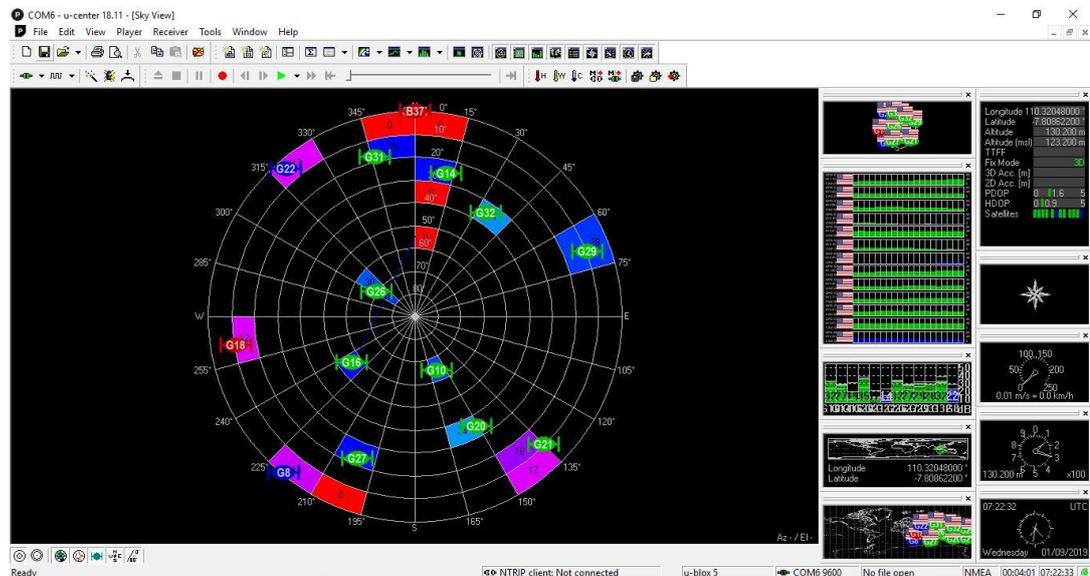
Pengiriman data serial pada GPS menggunakan komponen RS485. Pengiriman ini dikirimkan kepada PC menggunakan USB RS485. Nilai serial pada GPS berhasil dikirimkan dengan baik pada gambar 4.7. Hal ini dapat dilihat ketika data mengalir pada aplikasi. Pengujian pengiriman data serial diatas ditampilkan pada aplikasi *Real Term*. Pengaturan untuk menampilkan data GPS adalah dengan memasukkan port GPS dan nilai kecepatan aliran data. Untuk melihat data posisi GPS maka dapat merubah data mentah dengan klik tombol *change* pada aplikasi.



Gambar 4. 7 Pengiriman Serial GPS

Setelah melakukan pengiriman data serial, selanjutnya adalah mengumpulkan data tersebut kepada aplikasi *U-center*. Aplikasi *U-center* dapat dilihat pada gambar 4.9. Aplikasi ini akan menampilkan posisi pada GPS secara *real*. Nilai *altitude*, *longitude*, dan *latitude* pada GPS akan ditampilkan pada aplikasi ini. Nilai tersebut akan dimasukkan ke GUI (*Graphic User Interface*)

sehingga posisi *ground control station* dapat diketahui. Selain itu aplikasi ini dapat menunjukkan satelit yang mengirimkan sinyal disekitar kita.



Gambar 4. 8 Data GPS pada U-center

4.9 Peletakan Elemen Umpan Balik pada Antena Penjejak Dua Axis.

Peletakan elemen umpan balik berupa sensor Autonics EP50S8-1024-2F-N-24 diletakkan dibawah poros antena penjejak seperti pada gambar 4.9. Hal ini bertujuan agar ketika poros digerakkan secara vertikal maka sensor juga akan memutarakan roda pada *shaft* sensor. Perputaran *shaft* sensor akan menghasilkan nilai yang sesuai dengan putaran poros. Hal ini disebabkan oleh diameter roda pada *shaft* dan poros memiliki perbandingan nilai yang sama.



Gambar 4. 9 Peletakan Sensor Elevasi

4.9.2 Peletakan Elemen Umpan Balik Sensor Azimuth

Tabel 4. 9 Peletakan Sensor Azimuth

Tampak atas	Tampak dari depan
	

Peletakan sensor HMC5883L diletakkan lebih tinggi diatas motor penggerak seperti pada tabel 4.10. Peletakkan ini bertujuan agar sensor dapat bekerja dengan baik tanpa terpengaruh oleh benda yang memiliki sifat kemagnetan disekitarnya. Peletakkan sensor diletakkan ± 30 cm diatas motor. Pengukuran data azimuth kompas menunjukkan kestabilan yang cukup baik pada tinggi sekitar 30cm.